

Інформаційна підтримка прогнозування наслідків гідродинамічних аварій

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

У наш час в Україні налічується значна кількість гідротехнічних споруд, які утримують у своїй системі величезні маси води. У разі аварій або надзвичайних ситуацій ці маси здатні обрушувати руйнівну дію на величезні території. Запропоновано програмний продукт, який дозволяє визначати основні параметри гідродинамічної аварії. Цей продукт можна використовувати у навчальному процесі для формування у студентів навичок з прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: інформаційна підтримка, гідродинамічний об'єкт, гідродинамічна аварія, проран, хвиля прориву.

Вступ

Гідротехнічні споруди різного класу і призначення є важливими об'єктами народногосподарського комплексу в атомній, енергетичній та металургійній промисловості, у сільському господарстві, у системі водного транспорту, рибного господарства, водопостачання та каналізації, гідромеліорації та інших галузях економіки. Всі гідроспоруди в тій чи іншій мірі утримують у своїй системі величезні обсяги кінетичної енергії водних мас. Так, наприклад, в Україні налічується понад 1,1 тис. водосховищ, 28 тис. ставків, 7 великих каналів і 10 великих водоводів. У гідроенергетичній галузі діють 7 великих ГЕС, Київська ГАЕС (гідроакумулююча електростанція) та близько 50 малих працюючих ГЕС [1]. Ці водні маси здатні в екстремальних ситуаціях обрушувати руйнівну дію на величезні території. Такі ситуації поглиблюються і тими обставинами, що більшість гідротехнічних споруд будувалися в густонаселених районах, промислових зонах і в районах з розвиненою системою інфраструктури. Завжди аварії на гідротехнічних спорудах супроводжувалися масштабними наслідками: загибеллю людей, руйнуванням житла і об'єктів економіки, погіршенням і деградацією навколишнього середовища.

1. Формулювання проблеми

Згідно з типовою навчальною програмою дисципліни «Цивільний захист» основним завданням при вивченні даної дисципліни є засвоєння студентами новітніх теорій, методів і технологій з прогнозування надзвичайних ситуацій (НС), побудови моделей їхнього розвитку, визначення рівня ризику та обґрунтування комплексу заходів, які спрямовані на відвернення НС. Для формування у студентів професійних компетенцій передбачається застосування у навчальному процесі програмних продуктів, які дозволяють прогнозувати екологічні наслідки різноманітних надзвичайних ситуацій.

Для прогнозування наслідків гідродинамічних аварій в наш час використовуються методики, викладені в таких документах: «Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения», «Оценка инженерной обстановки в условиях чрезвычайной ситуации» [2] (методическая разработка для студентов всех специальностей дневной формы обучения Нижегородского государственного технического университета), «Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях та інших» Луценка М. М. [3].

Методика, яку планується використовувати для здійснення розрахунків наслідків гідродинамічних аварій під час проведення практичних занять, має відповідати таким вимогам:

- дозволяти визначати основні параметри гідродинамічної аварії;
- дозволяти наочно відображати наслідки цієї аварії;
- бути простою у використанні.

На думку авторів, усім вказаним вище вимогам відповідає методика, запропонована М. М. Луценко.

2. Вирішення проблеми

2.1. Основні параметри гідродинамічної аварії, які визначають її можливі екологічні та соціально-економічні наслідки

Гідродинамічний об'єкт – штучна гідротехнічна споруда або природне утворення, здатне при руйнуванні напірних перешкод створювати хвилю прориву в напрямку нижнього б'єфа. Хвиля прориву здатна на своєму шляху викликати людські жертви, руйнувати будівлі й об'єкти народного господарства, наносити матеріальні збитки населенню та державі й тому є основним чинником в оцінюванні ризику аварій на гідротехнічних спорудах.

Гідродинамічна аварія – це надзвичайна подія, пов'язана з виходом з ладу (руйнуванням) гідротехнічної споруди чи її частини і некерованим переміщенням великих мас води, які несуть руйнування і затоплення великих територій.

Причинами руйнування (прориву) гідротехнічного спорудження можуть бути природні явища або стихійні лиха і техногенні чинники, а також терористичні акти і ураження боєприпасами в період воєнного часу.

Початковою фазою гідродинамічної аварії є прорив греблі (дамби, шлюзу тощо), що являє собою процес утворення прорану й некерованого потоку води водоймища з верхнього б'єфа через проран у нижній б'єф. У фронті потоку води – вузька протока в тілі (насіпу) греблі, (дамби, шлюзу, коси, обмілини тощо). Хвиля прориву має значну швидкість руху й велику руйнівну силу [3].

Отже, небезпечний фактор гідродинамічної аварії – це хвиля прориву гідротехнічної споруди. Основними параметрами її вражаючої дії є швидкість, висота й глибина хвилі прориву, температура води, час існування хвилі прориву.

Основним наслідком прориву греблі при гідродинамічних аваріях є катастрофічне затоплення місцевості.

Катастрофічне затоплення характеризується такими параметрами:

- максимально можливими висотою і швидкістю хвилі прориву;
- розрахунковим часом приходу гребеня і фронту хвилі прориву у відповідний створ;
- межами зони можливого затоплення;
- максимальною глибиною затоплення конкретної ділянки місцевості;
- тривалістю затоплення території.

Катастрофічне затоплення поширюється зі швидкістю хвилі прориву і призводить через якийсь час після прориву греблі до затоплення великих територій шаром води від 0,5 до 10 м і більше. Утворюються зони затоплення.

Зона можливого ураження – окрема територія, акваторія, на якій внаслідок настання надзвичайної ситуації виникає загроза життю або здоров'ю людей та заподіяна шкода майну. Зоною можливого затоплення при руйнуванні гідротехнічних споруд називається частина прилягаючої до річки (озера, водоймища) місцевості, затоплена водою.

Параметри зони затоплення залежать від розмірів водоймища, напору води й інших характеристик конкретного гідровузла, а також від гідрологічних і топографічних особливостей місцевості.

2.2. Програмний продукт для оцінювання наслідків гідродинамічної аварії на прикладі Краснопавлівського водосховища

Як об'єкт дослідження використовували Краснопавлівське водосховище [4]. Обрана методика дозволяє провести оцінку параметрів зони затоплення і хвилі прориву під час аварії або руйнуванні гідротехнічної споруди та її вплив на прилеглу територію. У результаті розрахунків приводяться параметри рушійного чинника гідродинамічної аварії – хвилі прориву гідротехнічної споруди, зони затоплення та їх впливу на нормальну життєдіяльність населення.

Вихідними даними для розрахунків є такі:

- об'єм (місткість) води в гідротехнічній споруді – V_{H_2O} , м³;
- висота шару води перед греблею (висота прорану) – H_{H_2O} , м;
- ширина ділянки переливу води в греблі через гребінь незруйнованої греблі (ширина прорану) – $Ш_{H_2O}$, м;

- середня швидкість руху хвилі прориву – $V_{хв}$, м/с;
- відстань, яку проходить хвиля від зруйнованої греблі (водойми) до об'єкта (населеного пункту, підприємства), – $L_{хв}$, км;
- максимальні витрати води на 1 м ширини ділянки прориву або переливу води через гребінь греблі – ρ_{H_2O} , м³/с·м.

При цьому визначаються параметри хвилі прориву (пропуску) на задану відстань $L_{хв}$ від греблі (рис. 1) при її руйнуванні.

За своєю фізичною сутністю хвиля прориву являє собою неконтрольований рух потоку води, при якому глибина, ширина, нахил поверхні й швидкість плинуну змінюються в часі (рис.1).

Висота хвилі прориву й швидкість її поширення залежить від обсягу й глибини водоймища, площі дзеркала водного басейну, розмірів прорану, різниці рівнів води у верхньому і нижньому б'єфах, гідрологічних і топографічних умов русла ріки та її заплав. У районі нульового створу (тіла греблі) висота хвилі прориву $H_{нб}$ визначається формулою

$$H_{вп} = 0,6(H - H_{нб}), \quad (1)$$

де H – глибина водоймища в греблі, м;

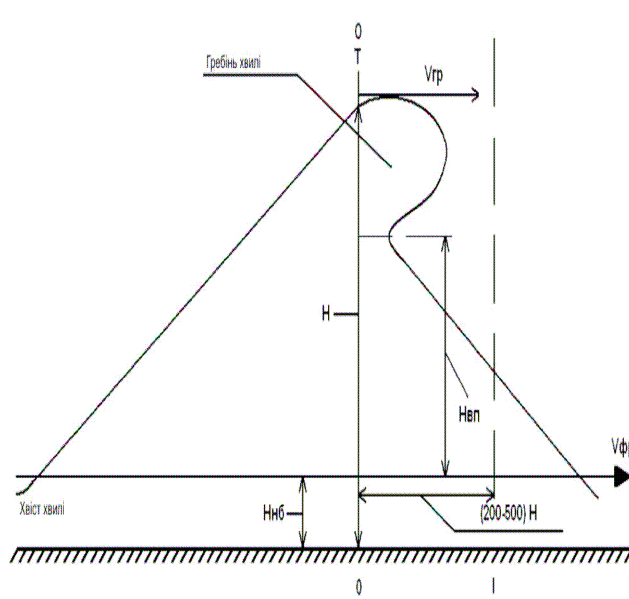


Рис. 1. Розрахунок висоти хвилі прориву

$H_{нб}$ – висота нижнього б'єфа, м.

Послідовність розрахунків: спочатку визначають час приходу хвилі прориву, год, до об'єкта за залежністю

$$t_{прих} = \frac{L_{хв}}{V_{хв} \cdot 3600} \quad (2)$$

Орієнтовану висоту хвилі прориву й тривалість її проходження на різній відстані від греблі беремо з таблиці [3].

Далі визначаємо тривалість спорожнення (звільнення) водосховища від води, год, за залежністю

$$T_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{Ш_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} \cdot 3600} \quad (3)$$

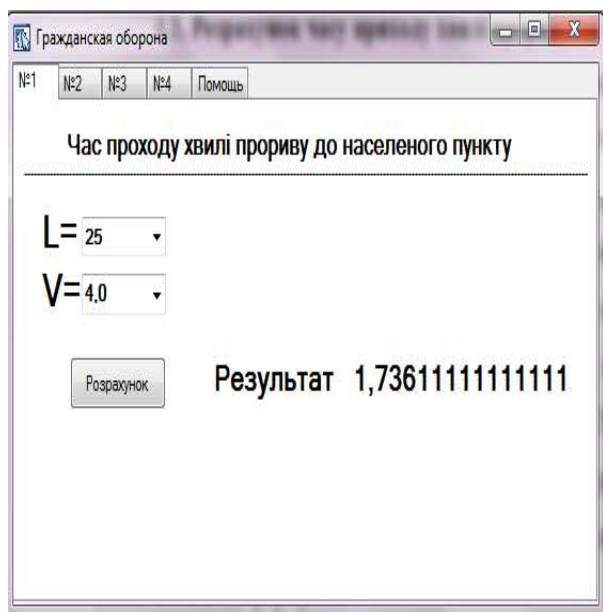


Рис. 2. Результати розрахунків часу проходження хвилі прориву

Остаточну визначаємо тривалість, час, проходження хвилі прориву $t_{хв}$ на заданій відстані від об'єкта.

Об'єм водосховища Краснопавлівського $V_{H_2O} = 410 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, ширина прориву води на греблі (руйнування або перелив води через греблю) приймемо таким, що дорівнює $Ш_{H_2O} = 150$ м, висота (глибина) шару води перед греблею $H_{H_2O} = 25$ м, середню швидкість руху хвилі прориву приймаємо $V_{хв} = 4$ м/с. Розраховуємо параметри хвилі прориву на відстані $L_{хв} = 25$ км від греблі, що складає відстань до села Мечебилове Барвінківського району.

Запропоновано програмний продукт, який реалізує вказану методику.

Результати розрахунків виводяться на екран монітора комп'ютера (рис. 2).

Слід зазначити, що при заданих умовах прориву і параметрах гідротехнічної споруди хвиля прориву досягне села Мечебилове через $t_{прих} = 1,74$ год і тривалість проходження хвилі прориву становить $t_{хв} = 10,3$ год.

Висновки

Таким чином, запропонований програмний продукт вирішує такі задачі:

- розрахунок часу приходу хвилі до населеного пункту ;
- визначення тривалості звільнення водосховища від води;
- визначення часу проходження хвилі прориву в зазначеному населеному пункті при гідродинамічних аваріях.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання матеріалів у навчальному процесі для розрахунку наслідків гідродинамічних аварій.

Список літератури

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році [Електронний ресурс] / М. В. Болотських, О. А. Проскуряков, Б. Є. Патон // – К.: МНС України, 2012. – 359 с. – Режим доступу.: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2012.html>. - Назва з екрану.
2. Оценка инженерной обстановки в условиях чрезвычайной ситуации. Методическая разработка для студентов всех специальностей дневной формы обучения [Электронный ресурс]/ В. А. Горишний, В. В. Волков, В. Б. Чернецов, Л.Н.Борисенко. – Режим доступу: http://www.ntu.ru/RUS/otd_sl/gochs/posobiya/posob7/posob7.htm.- Загл. с экрана.
3. Луценко, М. М. Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях / [Текст] / М.М. Луценко. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 183 с.
4. Краснопавлівське водосховище// Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Краснопавлівське_водосховище

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.О. Юрченко,
Національний університет будівництва і архітектури, Харків

Поступила в редакцию 12.05.2014

Информационная поддержка прогнозирования последствий гидродинамических аварий

В наше время в Украине насчитывается большое количество гидротехнических сооружений, которые содержат в своей системе огромные массы воды. В случае аварий или чрезвычайных ситуаций эти массы способны разрушать значительные территории. Предложен программный продукт, который позволяет определять основные параметры гидродинамической аварии. Этот продукт можно использовать в учебном процессе для формирования у студентов навыков прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: информационная поддержка, гидродинамический объект, гидродинамическая авария, проран, волна прорыва.

Information support prediction of consequences hydrodynamic accidents

In our days there are a large number of hydraulic structures in Ukraine, which contain a huge mass of water in their system. In the case of accidents or emergency situation these masses can bring down a devastating effect on large areas. Proposed a software product that allows to define the hydrodynamic accident basic parameters. This product can be used in the educational process for the formation students' proficiency to predict the consequences of emergencies.

Keywords: informational support, to the hydrodynamic object, hydrodynamic accident, propan, the wave break.